(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12) **公開特許公報（Ａ）**　(11)特許出願公開番号

特開平10－223521

(43)公開日　平成10年(1998)８月21日

(51)Int.Cl.[6]	識別記号	ＦＩ	
Ｈ０１Ｌ　21/027		Ｈ０１Ｌ　21/30	５２５Ｇ
Ｇ０３Ｆ　9/00		Ｇ０３Ｆ　9/00	Ｈ
		Ｈ０１Ｌ　21/30	５２５Ｎ
			５２５Ｗ
			５２５Ｘ

審査請求　未請求　請求項の数２　ＦＤ　（全６頁）

(21)出願番号　特願平9－38328

(22)出願日　平成９年(1997)２月６日

(71)出願人　000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号

(72)発明者　井上　次郎
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号　株式会社ニコン内

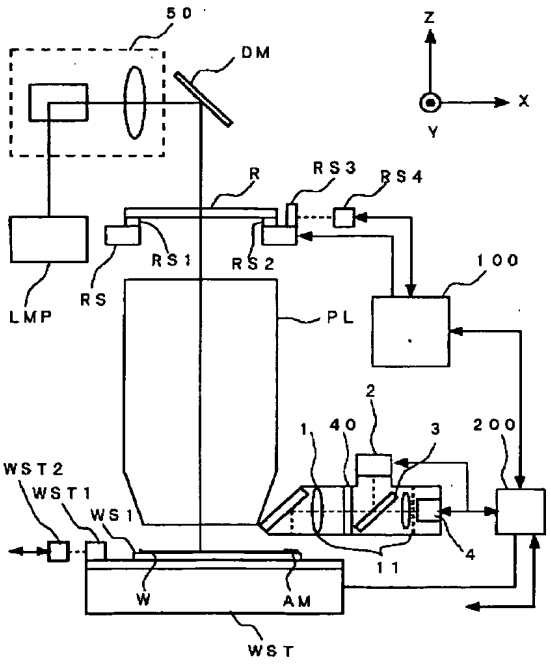
(74)代理人　弁理士　森岡　正樹

(54)【発明の名称】　投影露光装置

(57)【要約】

【課題】本発明は、フォトリソグラフィ工程で用いられる投影露光装置に関し、ウェハステージ位置が微視的に変動しても高精度でアライメントを行うことができる投影露光装置を提供することを目的とする。

【解決手段】フラッシュランプを光源とするアライメント照明系２からの光はビームスプリッタ３によって折り曲げられ、顕微鏡光学系１１を介してウェハW上のマークＡＭを照明する。アライメント信号処理系２００は、アライメント照明系２のフラッシュランプが閃光を発すると同時に、ウェハステージ干渉計の出力値を読み取る。撮像素子４に結像されるマークＡＭの画像は、フラッシュランプ発光時にのみ発生するので、フラッシュランプの発光時のウェハステージＷＳＴの位置を示すＸ、Ｙ座標値は、撮像素子４でのマークＡＭの画像の計測時におけるウェハステージＷＳＴの位置のＸ、Ｙ座標値を示している。



1

【特許請求の範囲】
【請求項１】露光光で照明されたレチクル上のパターンの像を感光性基板上に投影する投影光学系と、
前記投影光学系の光軸に垂直な面内で前記感光性基板を移動させる基板ステージと、
前記基板ステージの移動量を計測するステージ位置計測系と、
前記感光性基板上に設けられた位置合わせ用のマークに検出光を照射すると共にその反射光を受光して、前記位置合わせ用のマークの位置を検出するアライメント系とを備えた投影露光装置において、
前記アライメント系は、前記検出光として白色の閃光を発する光源を有すること
を特徴とする投影露光装置。
【請求項２】請求項１記載の投影露光装置において、
前記閃光の発光タイミングは、前記ステージ位置計測系の計測タイミングと同期していることを特徴とする投影露光装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置あるいは液晶表示装置等を製造する際のフォトリソグラフィ工程で用いられる投影露光装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】半導体装置あるいは液晶表示装置を製造する際のフォトリソグラフィ工程では、投影露光法あるいはプロキシミティ露光法を用いて、フォトレジスト等の感光材料が塗布された半導体ウェハあるいはガラス基板等の感光基板（以下、ウェハという）上に、転写用のパターンが描画されたフォトマスクまたはレチクル（以下、レチクルという）の像を転写する露光装置が使用されている。このような露光装置においては、ウェハ上に既に形成された回路パターンに対してレチクル上の回路パターンの像を高精度で重ね合わせする必要があるので、露光に先立ってレチクルとウェハとの位置合わせ（以下、アライメントという）が行われる。露光装置は、前工程で回路パターンと共にウェハ上に形成された位置合わせ用のマーク（以下、アライメントマークという）の位置を正確に検出してレチクルとウェハのアライメントを行う。
【０００３】アライメント方式には以下のようなものがある。まず、ウェハ上に形成された格子状のアライメントマークに対してレーザ光束を照射し、その反射光強度の変化からアライメントマーク位置を検出するＬＳＡ（レーザ・ステップ・アライメント）方式がある。また、格子状のアライメントマークの２つの対称な次数方向（例えば、＋１次回折光の方向と－１次回折光の方向）からコヒーレントな光束を入射し、格子マークから同一方向に発生する２つの回折光成分を干渉させて格子マークのピッチ方向の位置や位置ずれを検出するＬＩＡ

2

（レーザ干渉アライメント）方式などがある。さらに、ウェハステージを静止させてウェハのアライメントマーク上に白色光を照射して、得られたアライメントマークの画像を撮像素子で検出し、画像処理によってアライメントマーク位置を検出するＦＩＡ（フィールド・イメージ・アライメント）方式がある。
【０００４】また、これらの方式に使用されるアライメント光学系としては以下のようなものがある。まず、投影光学系を検出光学系として用い、ウェハ上のアライメントマークを検出するＴＴＬ（スルー・ザ・レンズ）方式、さらにレチクル上に設けられたレチクルアライメントマークとウェハ上のアライメントマークを投影光学系を介して同時に観察（検出）するＴＴＲ（スルー・ザ・レチクル）方式がある。あるいは投影光学系の光軸と所定距離離れた位置に光軸を有する専用光学系を別に設け、専用光源から白色光を照射してウェハ上のアライメントマークを観察（検出）するオフ・アクシス方式がある。
【０００５】さて、従来ウェハを載置して移動させるウェハステージは、ローラーベアリングによってウェハステージガイドとの位置関係を保ち、かつ通常の回転式モータ及びこれに駆動されるボールネジによって位置制御がなされていたため、モータを停止させておけばウェハステージは常に静止状態に置くことが容易であった。近年では、レチクルを載置するレチクルステージとウェハステージを投影光学系に対して同期して走査させて露光する、いわゆるスキャン型投影露光装置の開発に伴うウェハステージの高速化及び微細制御のため、空気圧により浮上して非接触型のリニアモータなどで駆動される、いわゆる完全非接触式エアステージが採用されるようになってきている。このエアステージは移動速度や動的制御等の様々な点で従来型ステージに比べて優位にあるが、完全非接触式であるが故に、極めて微視的に見た場合には静止状態を保持させておくことが困難であるという性質を有している。
【０００６】
【発明が解決しようとする課題】このように微視的に見るとステージが変動している完全非接触式エアステージをウェハステージに用いた投影露光装置で、例えば上記オフ・アクシス方式のアライメント光学系を用いてＦＩＡ方式でアライメントを行おうとすると、以下のような問題が生じる。
【０００７】従来の白色光源を用いた画像処理アライメントでは、画像取込に用いる撮像素子に対して所定量の積算露光量を与えなければならないため、ウェハ上のアライメントマークを照明する白色光は所定時間連続して発光させる必要がある。従って、白色光の発光している期間中は、ウェハを載置するウェハステージは静止している必要がある。もし、撮像素子に必要な積算露光量を与えるための発光期間中にウェハステージ位置が変動す

るようなことがあると、アライメントマークの位置検出の精度が低下してしまう可能性がある。

【０００８】しかしながら、上述のように完全非接触式エアステージでは静止状態を保持させておくことが困難であり、アライメント光学系の撮像素子がアライメントマークの画像を取り込んでいる最中に、エアステージの位置が微少量変化してしまう可能性があり、その結果アライメントマークの位置検出の精度が低下して高精度の位置合わせができなくなってしまう。

【０００９】アライメントマーク検出時になんらかの固定機構で機械的にエアステージを固定して静止させることも考えられるが、エアステージを固定する毎にエアステージの一部に機械的なストレスが加えられてしまう点、さらにステージ固定のための固定機構を駆動させるに要する時間も余分に必要となってスループットを低下させる原因となってしまう点から好ましくない。また、ウェハステージ位置の変動を無視できるだけの短時間で撮像素子の必要積算露光量が得られる照度を有する連続発光の自色光源を採用したとすれば、白色光源からの発熱量が大幅に増大してしまい、露光装置側への熱遮蔽の対策が困難であるという問題も生じる。本発明の目的は、ウェハステージ位置が微視的に変動しても高精度でアライメントを行うことができる投影露光装置を提供することにある。

【００１０】

【課題を解決するための手段】上記目的は、露光光で照明されたレチクル上のパターンの像を感光性基板上に投影する投影光学系と、投影光学系の光軸に垂直な面内で感光性基板を移動させる基板ステージと、基板ステージの移動量を計測するステージ位置計測系と、感光性基板上に設けられた位置合わせ用のマークに検出光を照射すると共にその反射光を受光して、位置合わせ用のマークの位置を検出するアライメント系とを備えた投影露光装置において、アライメント系は、検出光として白色の閃光を発する光源を有することを特徴とする投影露光装置によって達成される。また、上記目的は、閃光の発光タイミングが、ステージ位置計測系の計測タイミングと同期していることを特徴とする投影露光装置によって達成される。

【００１１】本発明によれば、画像処理アライメント系の撮像素子への必要積算露光量を光源の閃光の発光時間内に与えることができ、且つ閃光の発光時間が非常に短いので、発光時間内のウェハステージの位置変動を無視することができるようになる。すなわち、アライメント信号処理系での制御により、フラッシュランプの閃光の発光タイミングをウェハステージ干渉計の計測タイミングに同期させて、アライメントマークの画像取り込みとウェハステージの位置計測を同時に行うことにより、ウェハステージ位置が微視的に変動しても高精度なアライメントを容易に行うことができるようになる。

【００１２】

【発明の実施の形態】本発明の一実施の形態による投影露光装置を図１乃至図３を用いて説明する。本実施の形態における投影露光装置は、レチクル上のパターンの像を投影光学系を介して縮小投影し、パターン像を感光基板上の各ショット領域に順次露光するステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置である。図１は本実施の形態による投影露光装置の概略構成を示している。以下、投影光学系ＰＬの光軸方向をＺ軸とし、光軸に垂直な平面をＸＹ平面として本実施の形態による投影露光装置の構成を説明する。

【００１３】露光用の照明光源ＬＭＰからの照明光ＩＬとして、例えば、超高圧水銀ランプの輝線であるｉ線（波長λ＝３６５ｎｍ）、ｇ線（λ＝４３６ｎｍ）、或いは、ＫｒＦエキシマレーザ光（λ＝２４８ｎｍ）、さらにはＡｒＦエキシマレーザ光、金属蒸気レーザ光等の紫外域の光を用いることができる。本実施の形態においては超高圧水銀ランプの輝線であるｉ線を照明光ＩＬとして用いている。

【００１４】照明光源ＬＭＰから射出された照明光ＩＬは、コリメータレンズ、フライアイレンズ、レチクルブラインドなどからなる照明光学系５０により照度分布がほぼ均一な平行光束に変換され、ダイクロイックミラーＤＭに入射する。照明光ＩＬはダイクロイックミラーＤＭでほぼ鉛直下方に折り曲げられてレチクルＲを均一な照度分布で照明する。

【００１５】レチクルＲのパターン描画領域には、被露光基板であるウェハＷに投影すべき回路パターンが電子ビーム描画装置等により描画されている。レチクルＲ上の回路パターン原版はレチクルＲの上方に配置されているダイクロイックミラーＤＭによって垂直下方に折り曲げられた照明光束の照射によりウェハＷに投影露光される。

【００１６】レチクルＲは、図示しないモータの駆動によりＸＹ面内を移動可能なレチクルステージ（マスク保持機構）ＲＳに設けられたレチクルチャックＲＳ１、ＲＳ２によって、例えば真空吸着等によりレチクルステージＲＳ上に固定される。レチクルステージＲＳのＸ、Ｙ方向の位置は、レチクルステージＲＳの周辺に配置された反射鏡ＲＳ４にレーザ干渉計ＲＳ３からのレーザ光を反射させて計測するレチクルステージ干渉計によりＸ方向の位置が常時計測され、同様にＹ方向の位置についても図示を省略したレチクルステージ干渉計によって常時計測されている。これらレチクルステージ干渉計の計測信号は制御系１００に送られ、この計測信号に基づいて制御系１００は、レチクルステージＲＳのＸ、Ｙ方向の移動量を正確に制御してレチクルＲを所定の位置に位置決めすることができるようになっている。

【００１７】投影光学系ＰＬは、レチクルＲを透過した光束を集束させ、Ｘ、Ｙ方向に移動可能な基板ステージ

ＷＳＴ上に設けられたウェハホルダＷＳ１に載置されたウェハＷの所定のショット位置にレチクルＲのパターンの像を投影する。ウェハホルダＷＳ１はウェハＷを真空吸着して保持し、Ｚ軸方向に移動してウェハＷ面と投影光学系ＰＬとの距離を調整して投影光学系ＰＬの結像面にウェハＷ面を一致させることができるようになっている。レチクルＲのパターンの幅に対して投影像の幅は例えば１／５に縮小される。

【００１８】ウェハステージＷＳＴの移動量は、ステージのＸ、Ｙ方向にそれぞれ固定された反射鏡ＷＳＴ１にレーザ干渉計ＷＳＴ２からのレーザ光を反射させて計測するウェハステージ干渉計により計測される。図１ではＹ方向の移動量を計測する反射鏡及びレーザ干渉計は図示を省略している。ウェハステージＷＳＴの移動量をレーザ干渉計ＷＳＴ２で正確に計測しながらウェハステージＷＳＴをステップ・アンド・リピート動作させることにより、ウェハステージＷＳＴに載置されたウェハＷ上の所定の複数のショット位置に対して順次レチクルＲの回路パターンの像を重ね合わせ露光することができる。

【００１９】ウェハステージＷＳＴのＸＹ平面内の位置は、Ｘ、Ｙ方向にそれぞれ設けられたウェハステージ干渉計により常時検出され、これらウェハステージ干渉計の計測信号は制御系１００に送られている。制御系１００は、これらの計測信号に基づいてウェハステージＷＳＴのＸ、Ｙ方向の移動量を正確に制御してウェハＷを所定の位置に位置決めすることができるようになっている。

【００２０】レチクルＲの回路パターンをウェハＷ上に露光する際には、予めレチクルＲに対するウェハＷの位置合わせをする必要があり、そのためウェハＷには位置合わせ用のアライメントマークＡＭが予め形成されている。なお、ウェハＷには通常複数のアライメントマークＡＭが形成されているが、本実施の形態では図示の位置のアライメントマークＡＭで代表的に示している。

【００２１】オフ・アクシス（ｏｆｆ－ａｘｉｓ）型である画像処理方式アライメント用のアライメント顕微鏡１が、投影光学系ＰＬの側方で投影光学系ＰＬの投影面内を遮光しない位置に配置されている。このアライメント顕微鏡１の構成を簡単に説明する。フラッシュランプを光源とするアライメント照明系２は、ウェハＷ上のアライメントマークＡＭの照明に用いられる。アライメント照明系２からの光はビームスプリッタ３によって折り曲げられ顕微鏡光学系１１に送られ、顕微鏡光学系１１を介してウェハＷ上のアライメントマークＡＭを照明する。

【００２２】アライメント照明系２の光源のフラッシュランプの波長領域は、ウェハＷに塗布されている感光材料の感光波長域を避け、例えば２００ｎｍ程度の波長帯域幅になるように、アライメント照明系２の光路内部に設けられた波長選択性のフィルタ（不図示）によって選択されるようになっている。また、フラッシュランプの発光時間は通常１／１０００秒程度であるが、フラッシュランプを光源に用いることにより閃光の発光時間内で撮像素子４に対する必要積算露光量を十分確保できると共に、光源から余計な発熱を生じさせないようにすることができる。

【００２３】アライメント照明系２の光源であるフラッシュランプの光量は、撮像素子４で検出される光量に基づいてアライメント信号処理系２００で計算され、最適光量値に制御される。フラッシュランプの発光時間は上記のように極めて短いので、フラッシュランプの発光時間中に、ウェハステージＷＳＴは静止しているとみなすことができる。

【００２４】アライメント信号処理系２００は、アライメント照明系２のフラッシュランプが閃光を発すると同時に、反射鏡ＷＳＴ１とレーザ干渉計ＷＳＴ２からなるウェハステージ干渉計の出力値を読み取る。アライメント信号処理系２００は、読み取った出力値からフラッシュランプ発光時のウェハステージＷＳＴの位置を示すＸ、Ｙ座標値を算出する。

【００２５】フラッシュランプによるアライメント照明系からの閃光は、ウェハＷ上のアライメントマークＡＭを照明し、その反射光すなわちアライメントマークＡＭの画像を形成する光束は顕微鏡光学系１１の光路を戻り、ビームスプリッタ３を通過し撮像素子４に結像される。

【００２６】撮像素子４に結像されるアライメントマークＡＭの画像は、フラッシュランプ発光時にのみ発生するので、上述のアライメント信号処理系２００で算出されたフラッシュランプの発光時のウェハステージＷＳＴの位置を示すＸ、Ｙ座標値は、撮像素子４でのアライメントマークＡＭの画像の計測時におけるウェハステージＷＳＴの位置のＸ、Ｙ座標値を示していることになる。

【００２７】顕微鏡光学系１１の内部にはガラスなどで作製された指標板４０があり、撮像素子４はこの指標板４０上に形成された指標マークとアライメントマークＡＭを同時に画像として取り込むようになっている。撮像素子４で取り込まれる画像の例を図２を用いて説明する。図２においては、ウェハＷ上のＸ方向のアライメントマークＡＭｘのみを検出する場合について説明する。ガラス基板で作製された指標板４０には、ウェハＷ上のアライメントマークＡＭｘの拡大像を挟み込むような関係で配置された指標マーク４２、４４がクロム等で形成されている。図２は、この指標板４０とアライメントマークＡＭｘの画像を表示装置に表示させた例を示している。指標マーク４２、４４の間にアライメントマークＡＭｘの像ＡＭ’ｘが位置するようにウェハＷを位置決めしたとき、指標マーク４２、４４のＸ方向の中心位置Ｘｃに対してアライメントマークの像ＡＭ’ｘの中心位置Ｘ３はΔＸだけＸ方向にずれているものとする。このず

れ量がいわゆるアライメント誤差である。中心位置Ｘｃはマーク４２の中心Ｘ１とマーク４４の中心Ｘ２との中点として求められる。

【００２８】撮像素子４に取り込まれた画像信号はアライメント信号処理系２００に送られ、指標マーク４２、４４とアライメントマークＡＭのずれ量が以下のようにして算出される。図２に示す画像に対して所定の走査領域に位置する走査線ＳＬでの画像信号は図３に示すような波形になる。図３で縦軸は画像信号の大きさＩを表し、横軸は位置Ｘを表す。指標板４０はウェハＷからの反射光によって照明されるので、位置Ｘ１、Ｘ２において、指標マーク４２、４４により出力信号の大きさＩはボトムになる。また、アライメントマークＡＭｘについては走査線ＳＬと直交する方向に平行に延びた２つの段差エッジで光の散乱が生じるので、位置Ｅ１、Ｅ２においてボトムとなる。位置Ｘ３は位置Ｅ１とＥ２の中点として検出され、位置Ｘｃは位置Ｘ１とＸ２の中点として検出されるので、アライメント誤差は以下の式で表される。

【００２９】

ΔＸ＝（Ｘ１＋Ｘ２）／２－（Ｅ１＋Ｅ２）／２

【００３０】上述のようにフラッシュランプの閃光の発光タイミングとウェハステージ干渉計の計測タイミングとは同期しているので、アライメント信号処理系２００により演算されたウェハステージＷＳＴの位置から－ΔＸだけウェハステージＷＳＴを移動させればＸ軸方向のアライメントが達成されたことになる。

【００３１】このように本実施の形態によれば、画像処理アライメント系の撮像素子への必要積算露光量を光源の閃光の発光時間内に与えることができ、且つ閃光の発光時間が非常に短いので、発光時間内のウェハステージＷＳＴの位置変動を無視することができるようになる。すなわち、アライメント信号処理系２００での制御により、フラッシュランプの閃光の発光タイミングをウェハステージ干渉計の計測タイミングに同期させて、アライメントマークの画像取り込みとウェハステージＷＳＴの位置計測を同時に行うことにより、ウェハステージ位置が微視的に変動しても容易に高精度でアライメントを行うことができるようになる。

【００３２】本発明は、上記実施の形態に限らず種々の変形が可能である。例えば、上記実施の形態では、１回の閃光による撮像素子４での画像取り込みについて説明しているが、閃光を複数回発光させて複数回の画面取込を行うようにしてもよい。その場合でも、複数の閃光の各瞬間のウェハステージＷＳＴの位置はウェハステージ干渉計により検出されるので、取り込んだ複数画面間で生じたウェハステージＷＳＴの位置変動はアライメント信号処理系２００での簡単な演算によりキャンセルすることが可能である。

【００３３】このように複数個の画像を取り込んで、それら複数の画像を平均化することによりアライメントの精度の向上を図ろうとする際には、撮像素子４への画像取り込みの度にフラッシュランプの発光とウェハステージ干渉計の出力値の読み取りを同時に行い、各取り込み時のウェハステージＷＳＴのＸ、Ｙ座標値を用いてアライメントマークＡＭの位置の算出を行う。

【００３４】また、今後主流になることが予想されるエキシマレーザーを露光光源とする、いわゆるエキシマステッパーでは、ウェハＷ上に塗布する感光材料として、化学増幅型レジストと呼ばれる、感光波長領域が４００ｎｍ以下のものが使用されるようになる。従って、フラッシュランプの発光波長領域の波長選択範囲の制限が緩和され、より広い波長領域を使用して閃光の光量を増大させることができるようになるので、ｉ線を露光光源に用い、感光材料として通常型レジスト（感光波長領域５６０ｎｍ程度以下）を用いることを前提とした上記実施の形態におけるフラッシュランプよりもさらに小型のフラッシュランプを採用することが可能になる。

【００３５】また、上記実施の形態においては、レチクルＲとウェハＷとを静止させて露光するいわゆるステッパー型の投影露光装置に本発明を適用したが、レチクルＲのパターンの一部を投影光学系を介してウェハＷ上に投影し、レチクルＲとウェハＷとを同期させて走査することによりレチクルＲのパターンをウェハＷに逐次露光する、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の走査型投影露光装置にも本発明を適用することができる。

【００３６】

【発明の効果】以上の通り、本発明によれば、ウェハステージ位置が微視的に変動したとしても容易に高精度でアライメントを行うことができるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の一実施の形態による投影露光装置の概略構成を示す図である。

【図２】アライメントマークを用いたアライメント誤差の検出の様子を示す図である。

【図３】アライメント信号の波形を示す図である。

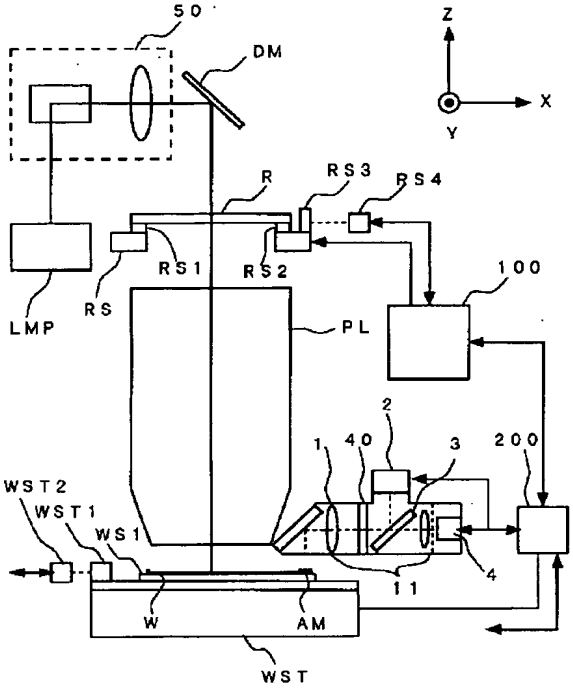
【符号の説明】

ＡＭ　アライメントマーク
ＤＭ　ダイクロイックミラー
ＩＬ　照明光
ＬＭＰ　露光光源
ＰＬ　投影光学系
Ｒ　レチクル
ＲＳ　レチクルステージ
ＲＳ１、ＲＳ２　レチクルチャック
ＲＳ３　反射鏡
ＲＳ４　レーザ干渉計
Ｗ　ウエハ
ＷＳ１　ウェハホルダ
ＷＳＴ１　反射鏡

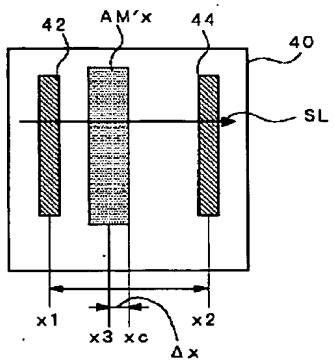
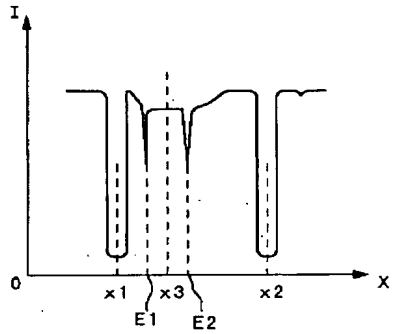
9　　10

ＷＳＴ２　レーザ干渉計
１　アライメント顕微鏡
２　アライメント照明系
３　ビームスプリッタ
４　撮像素子
＊１１　顕微鏡光学系
４０　指標板
１００　主制御系
２００　アライメント信号処理系
＊

【図１】



【図２】



【図３】